



Algorismes i modificacions hardware a la robot Dorami per participar al campionat nacional de robòtica humanoide CEABOT 2010

Pons Rueda, Susana
Tolós Pons, Nàdia
Troyano Feliu, Sandra

Desembre 2010



0. Índex

1.	INTRODUCCIÓ.....	3
2.	PROVA DE LES ESCALES	5
2.1.	Descripció de la prova	5
2.2.	Desenvolupament de la prova	5
2.2.1.	Sensorització del robot i creació de moviments	5
2.2.2.	Algoritme	6
2.3.	Diagrama de flux	8
2.4.	Problemes i solucions	8
2.5.	Millores.....	10
3.	PROVA DE LA CARRERA D'OBSTACLES	11
3.1.	Descripció de la prova	11
3.2.	Desenvolupament de la prova	12
3.2.1.	Sensorització del robot i creació de moviments	12
3.2.2.	Algoritme	14
3.3.	Diagrama de flux	16
3.4.	Problemes i solucions	16
3.5.	Millores.....	18
4.	PROVA DE LLUITA: SUMO.....	20
4.1.	Descripció de la prova	20
4.2.	Desenvolupament de la prova	21
4.2.1.	Sensorització del robot.....	21
4.2.2.	Algoritme	22
4.3.	Diagrames de fluxos	25
4.4.	Problemes i solucions	28
4.5.	Millores.....	29
5.	PROBLEMES GENERALS	30
5.1.	La Brúixola	30
5.2.	Alimentació dels infrarojos	32
6.	CONCLUSIONS	34
7.	CEABOT 2011.....	35

1. INTRODUCCIÓ

Donada la disposició dels integrants del grup a conèixer, aprendre i descobrir sobre la robòtica i els humanoides, l'IRI va donar l'oportunitat de dur a terme el projecte que tot seguit en aquest document s'explica.

A grans trets aquest projecte consisteix en preparar un robot humanoide per a participar en un concurs, el CEABOT.

Des del primer dia es va disposar d'un *Bioid* que és un tipus de robot humanoide fàcil de manipular i que permetia avançar ràpidament. Així doncs, els primers passos, donat que cap dels integrants del grup tenia grans coneixements en robòtica, van ser el desenvolupament de senzills algorismes per tal de comprendre el funcionament del robot i aviat es posà un objectiu amb la finalitat de treballar cap aquella direcció: el CEABOT.

Aquest era un concurs interessant, amb unes proves factibles i d'un nivell assumible. A més, durant la seva preparació va ser possible aprendre una gran quantitat de coses noves i aspectes que potser fins aleshores no es sabia ni que existien. Així doncs, es va proposar preparar el *Bioid* perquè superés les proves dels obstacles, de les escales i del sumo.

La prova dels obstacles consisteix en fer anar el robot d'un extrem a l'altre del camp tot esquivant un seguit d'obstacles que es troba durant el camí; la prova de les escales consisteix en fer pujar i baixar el robot per uns escalons d'alçada constant però profunditat variable i la prova del sumo, en fer-lo lluitar amb altres robots amb l'objectiu d'aconseguir el màxim de punts i anar passant rondes fins arribar a la final.

Per tal de dur a terme aquest projecte va ser necessari aprofundir en el coneixement dels sensors, és a dir, saber detalladament els seu abast i les seves limitacions. També ha estat necessari treballar en el cap dels moviments, bàsicament aprendre a treballar amb un programa anomenat *Motion Editor* que permet crear-los i aplicar-los.

D'altra banda, es va voler integrar una brúixola amb la finalitat d'aconseguir que el robot no es desviés de forma descontrolada. Aquest va ser un altre camp en el que es va haver de treballar bastant i a la vegada un dels que va fer sorgir més problemes i complicacions que van provocar que s'avancés més lentament.

A continuació s'explicarà amb detall en què consisteix cada prova del CEABOT, l'estratègia o algoritme que s'ha seguit, els problemes que es van anar trobant i les possibles millores o solucions.

2. PROVA DE LES ESCALES

2.1. Descripció de la prova

Aquesta prova consisteix en aconseguir pujar i baixar unes escales constituïdes per 3 esglaons de pujada i 3 més de baixada de la mateixa altura (3cm) però de profunditat variable. Entre ambdós trams, el d'ascens i el de descens, hi ha un tram totalment horitzontal de 50 cm de longitud, tal i com es mostra a la *figura 1*. Una de les dificultats de la prova és que es desconeix el costat per on començarà a ascendir el robot i la distància respecte les escales on serà col·locat abans d'iniciar el moviment. Un dels requisits d'aquesta prova és que cal finalitzar-la en un temps límit de 5 minuts.

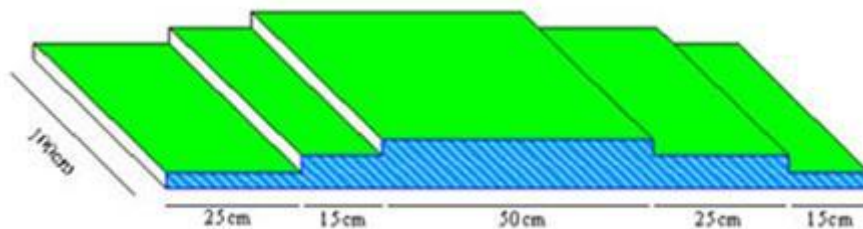


Fig. 1 Forma i dimensions de les escales del CEABOT 2010

2.2. Desenvolupament de la prova

2.2.1. Sensorització del robot i creació de moviments

Amb la finalitat d'aconseguir un algoritme adequat per a realitzar la prova de les escales es va pensar primerament en la manera de detectar els desnivells. Calia detectar els esglaons d'ascens, de descens o el terreny pla per a poder aplicar el moviment de pujada, baixada o caminada respectivament. Es va decidir col·locar un parell de sensors infrarojos de mitja distància a la part posterior de cada braç. D'aquesta manera, en estendre els braços, tal i com es mostra a la *figura 2*, aquests assolien una posició totalment horitzontal, paral·lela al terra, en la que els sensors podien mesurar còmodament i sense dificultats la distància requerida (del braç al terra).



Fig. 2 Bioloid sensoritzat per la prova de les escales

A continuació es va començar a treballar en el complex món dels moviments. A través del programa *Motion Editor* es van dissenyar pas a pas totes les posicions que configurarien la pujada i baixada d'escales o el moviment de caminar, aparentment simple. També es van fixar els rangs dels sensors, és a dir, es va estudiar per a quines mesures llegides pel sensor calia pujar, baixar o caminar.

2.2.2. Algoritme

Un cop ja definits tots els paràmetres previs (sensors, moviments, etc.) es pot explicar amb més detall l'algoritme final que s'observa en el *Diagrama de flux 1. Prova escales*:

INICI. El primer pas a seguir és aixecar el braç esquerre i llegir el sensor.

- Si es detecta que està en terreny pla, el robot camina, és a dir, avança uns passos i s'atura per a tornar a l'INICI.
- Si es detecta que hi ha un esglaó de pujada (sensor esquerre), aixeca el braç dret per a verificar-ho. Si aquest sensor detecta el mateix que l'esquerre, és a dir, que cal pujar, el robot es disposa a executar el moviment de pujada. Aquesta verificació amb el braç esquerra es duu a terme per tal d'assegurar-se que el robot es troba alineat en el moment de pujar l'esglaó. Així doncs, en cas contrari, és a dir, si el sensor dret no detecta l'esglaó, el robot s'ha desviat i per tant cal que s'adreci a través d'un

moviment de pivotar¹. D'aquesta manera torna a l'orientació inicial (sense desviar) i retorna de nou a l' INICI.

- Si detecta que hi ha un esglaó de baixada actua de forma anàloga a l'anterior (esglaó de pujada).

Cal mencionar, també, que donat que es coneix el nombre d'esglaons de pujada i de baixada que cal superar s'ha creat un comptador, que s'actualitza cada vegada que puja o baixa un esglaó i arriba fins a 3. Això implica que si el robot no ha fet les tres pujades, no pot procedir a baixar i un cop a acabat les tres baixades avança uns centímetres a terreny pla i s'atura, entenent que s'ha finalitzat la prova.

¹ A l'avançar, el robot sempre es desviava cap a la mateixa direcció. És per això que es va decidir adreçar-lo quan fos convenient a través d'un petit gir, per contrarestar el desviament, el "pivotar".

2.3. Diagrama de flux

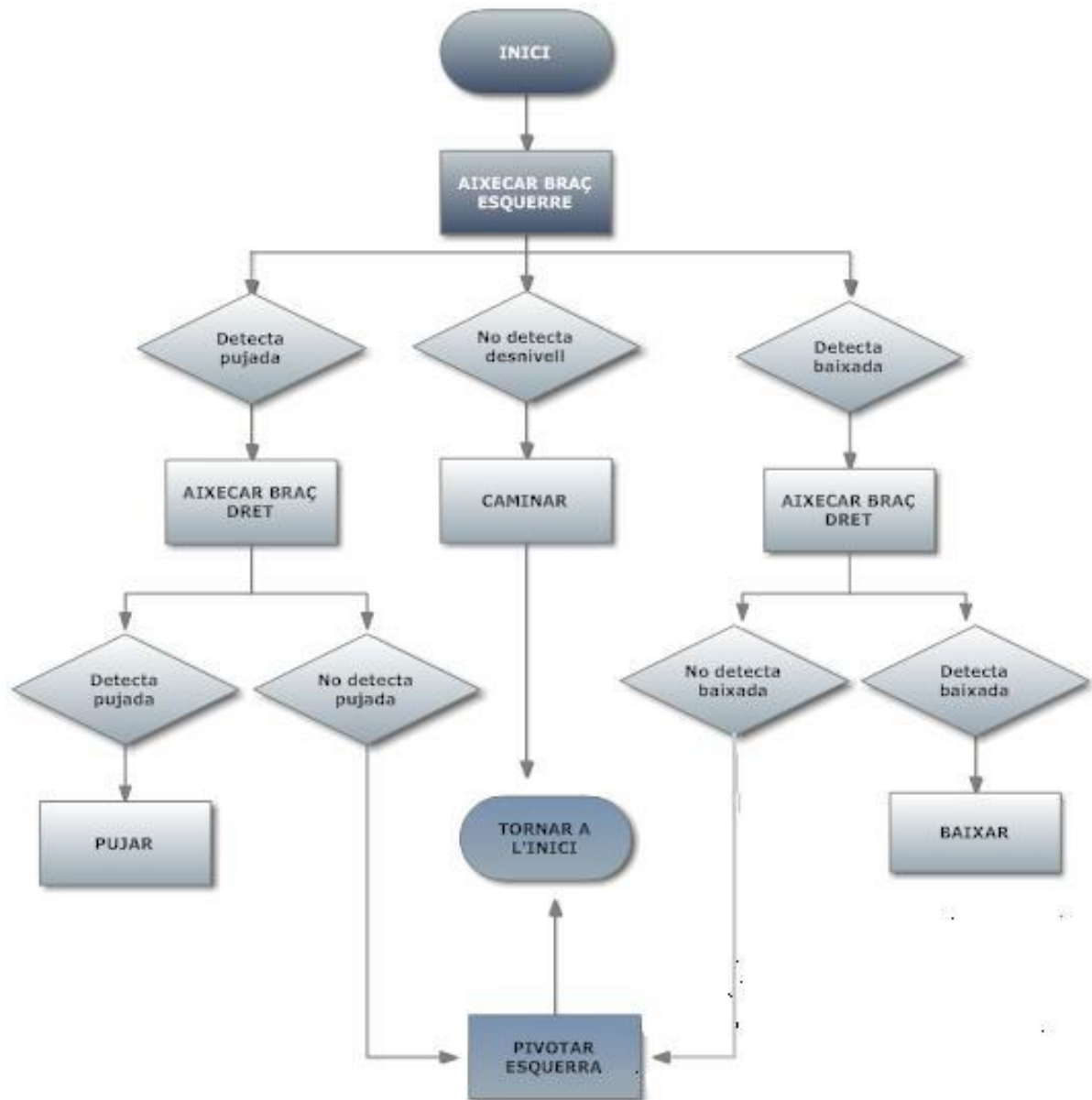


Diagrama de flux 1. Prova escales

2.4. Problemes i solucions

En aquesta prova especialment han aparegut nombrosos problemes; per una banda els relacionats amb l'organització del CEABOT i per l'altra els relacionats amb les limitacions o problemes de l'algoritme en sí.

Cal fer esment del mal estat de les escales utilitzades durant el concurs. Els esglaons no eren completament horitzontals, la majoria estaven inclinats i a la vegada, no eren de les

dimensions que figuraven al reglament (3cm d'altura). Alguns no arribaven a l'altura reglamentària i altres s'excedien. A més, eren d'un material poc consistent, de manera que al col·locar el robot damunt l'esglaó, aquest es vinclava lleugerament.

Van sorgir complicacions de diversos tipus. Per una banda, els sensors no podien llegir correctament perquè els esglaons eren d'un material lluent, i hi detectaven reflexos, de forma que donaven valors erronis, completament aleatoris. A aquest problema, se li va afegir el de les alçades diferents dels esglaons. Una diferència de 4 o 5 mm segons l'esglaó és considerable tractant-se de sensors de mitja distància. Per tant era impossible poder establir un rang de valors per a pujar, baixar o caminar, donat que es solapaven els rangs en funció de l'esglaó que era.

Pel que fa als problemes propis de l'algoritme es té que sovint el sensor no podia detectar l'esglaó perquè estava situat excessivament endarrere. Aquest problema es deu a que el moviment dissenyat per dur a terme la lectura de les alçades no era l'ídoni i que l'algoritme no permetia que es duguessin a terme els moviments de pujada i baixada si el robot no estava correctament orientat a les escales.

Per poder solucionar el tema dels sensors, aquests podrien ser col·locats de manera que detectessin amb més antelació la pujada o la baixada, és a dir, desplaçar-los més a prop de la mà, o bé buscar una nova configuració en el moviment d'aixecar el braç on aquest estigui més estirat.

Cal destacar que per prendre les mesures dels sensors, amb la finalitat d'augmentar el seu grau de fiabilitat, es va crear un subprograma que prenia 10 mesures, en descartava la primera i feia la mitjana de la resta. El fet de descartar la primera mesura obtinguda, es deu a que sovint el sensor prenia aquest valor quan el braç encara estava en moviment, i per tant, era una mesura errònia.

Durant la prova, el robot va caure nombroses vegades, possiblement perquè el moviment de caminar era poc estable i es desviava lleugerament.

Així doncs, caldria fer un moviment de caminar més estable i implementar la brúixola per tal d'evitar en tot moment qualsevol desviament.

2.5. Millores

Per evitar aquests problemes que es van trobar durant el concurs, hi ha dues possibles solucions:

- Posar uns sensors de pressió als peus. D'aquesta manera les dimensions i el material dels esglaons no repercutirien tant en el correcte desenvolupament de la prova.
- Posar uns sensors de curt abast als peus. D'aquesta manera no és tan important l'alçada de les escales ja que per poca variació que hi hagi un sensor de curt abast ho detectarà correctament sempre.

3. PROVA DE LA CARRERA D'OBSTACLES

3.1. Descripció de al prova

En aquesta prova, els robots van d'un extrem a un altre del camp, i tornen al punt de partida. El robot, durant aquest recorregut, ha d'esquivar una sèrie d'obstacles sense tombar-los ni desplaçar-los de la seva posició.

Així doncs, el robot surt de la zona de sortida i ha d'anar fins la zona d'arribada parcial (travessant la línia d'arribada parcial completament). Un cop allà, el robot ha de donar la volta i tornar fins l'anterior zona de sortida. El camp que es pot observar en la Fig 3. està format per una superfície anivellada, plana i rígida i limitat per una paret de 50cm d'altura y 1cm de gruix.

Les mesures del camp són les següents:

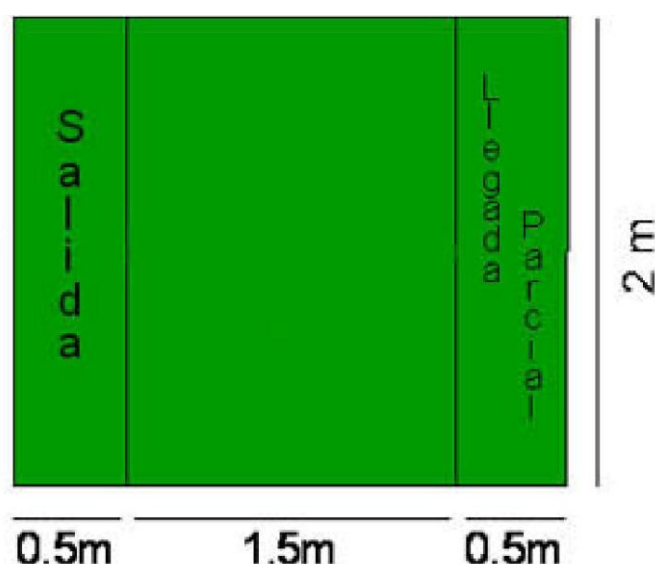


Fig. 3 Forma i dimensions del camp del CEABOT 2010

La posició dels obstacles és decidida per els jutges i aquesta esdevé la mateixa per tots els participants. Hi ha un màxim de sis obstacles paral·lelepípedes rectangulars que mesuren 20x20x50cm.

El robot té un màxim de 5 minuts per anar i 5 minuts més per tornar. Durant aquest temps el robot serà penalitzat cada cop que caigui, tombi un obstacle o el desplaci.

Alhora de puntuar als diferents participants es tenen en conte les penalitzacions i en cas d'empat a penalitzacions, el temps que cada robot triga en anar i tornar. En cas que el robot no arribi a la zona d'arribada parcial, aquest no tindrà cap puntuació en la prova. En cas d'arribar a la zona d'arribada parcial però no torni només es rebran els punts corresponents a aquest tram.

3.2. Desenvolupament de la prova

Després d'analitzar les mesures del camp i el número d'obstacles, es va considerar que independentment de com es col·loquessin els obstacles, hi hauria un forat d'uns 35cm com a mínim per on el robot podria passar. Per aquesta raó tot l'algoritme que s'ha dissenyat es basa en una recerca d'aquest forat de manera que el robot pugui anar i tornar de manera senzilla sense quedar-se tancat en alguna zona per on no sàpiga passar.

3.2.1. Sensorització del robot i creació de moviments

Amb la finalitat d'aconseguir un algoritme adequat per a realitzar la carrera d'obstacles primerament es va pensar en la manera de detectar el forat per on podríem passar.

Així doncs, en primer lloc, calia detectar a quina banda es tenia el forat. Per això es va decidir posar un sensors de llarg abast a cada mà. El *Bioid* aixeca els braços i va de la posició inicial a la final (*Fig 4* i *Fig 5* respectivament) és a dir, va des d'una posició amb els braços completament oberts fins a una on aquests són paral·lels i entre si i miren cap endavant, tot movent-se un increment constant i havent calculat les diferents distàncies a la paret.

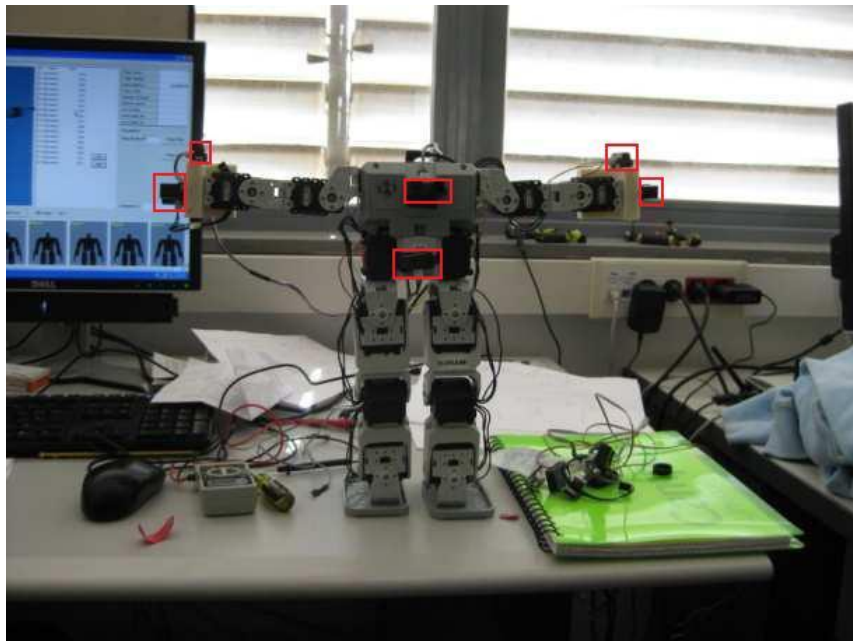


Fig. 4 Posició inicial per a la recerca del forat

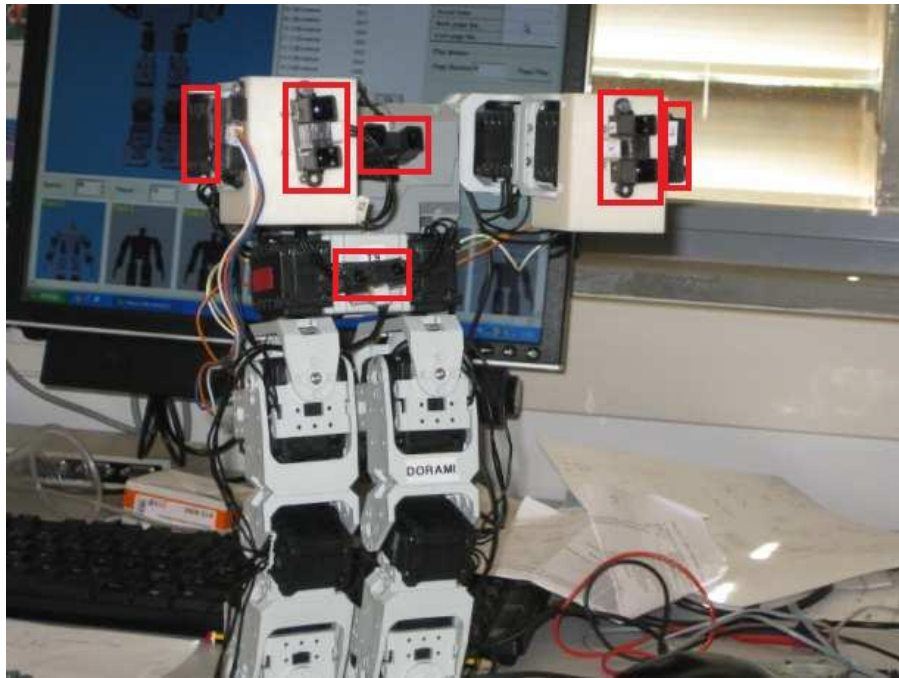


Fig. 5 Posició final per a la recerca del forat

També va ser necessari fer uns moviments laterals de manera que el robot anés caminant lateralment fins a trobar el forat. Per detectar on hi havia el forat va ser necessari posar tres sensors. Un al pit de llarg abast per anar mirant la distància cada cop que el robot feia un pas lateral en busca del forat i dos més a les mans per a centrar el robot en el forat (es pot veure la posició dels braços per comprovar si el robot estava centrat a la Fig 6)

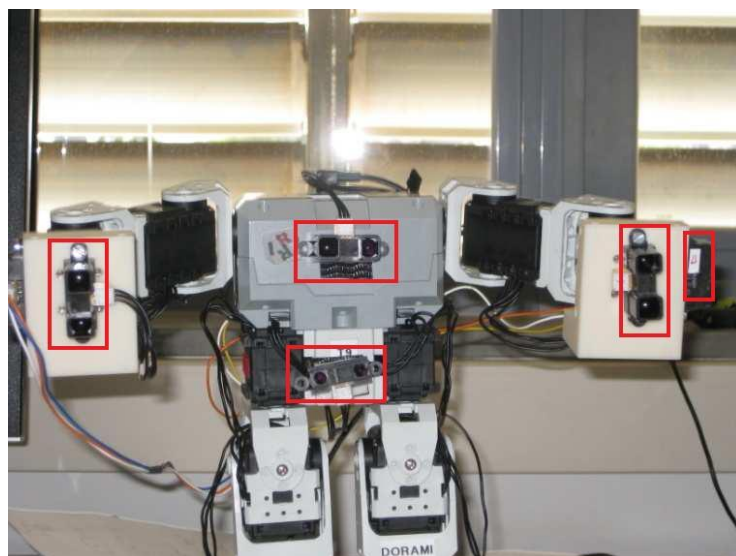


Fig. 6 Posició per comprovar si el robot està centrat

Cal tenir en compte que el camp està limitat per una paret a cada costat. Per tant, existeix la possibilitat de que el robot arribi a un lateral sense haver trobat el forat. Per evitar que el robot xoqués contra una d'aquestes parets, es va afegir un sensor de mig abast a la part superior de cada braç.

Finalment, el robot ha de saber quan ha arribat al final i per tant ha de donar mitja volta o parar-se. Per dur a terme aquesta tasca, es va afegir un sensor de mig abast al pit (sota el de llarg abast) que detectés quan el robot es trobava al final del seu recorregut.

Així doncs es tenen 6 sensors resumits en la següent taula:

Sensor	Abast	Lloc
1	Mitjà	Braç dret
2	Mitjà	Braç esquerre
3	Llarg	Mà dreta
4	Llarg	Mà esquerra
5	Mitjà	Pit
6	Llarg	Pit

Taula 1. Sensors prova caixes

3.2.2. Algorisme

Un cop ja definits tots els paràmetres previs (sensors, moviments, etc.) es pot explicar amb més detall l'algorisme final (*també s'adjunta el diagrama de flux*):

El primer que fa el *Bioid* es decidir a quin costat té el forat. Per fer això el robot aixeca els braços i fa un escombrat de 180° tal i com s'ha explicat a l'apartat 3.2.2. D'aquesta manera el robot decideix cap a on és més probable que estigui el forat. Per poder fer el càlcul d'aquesta distància el robot va comparant la distància actual amb la màxima fins el moment per poder quedar-se només amb la distància màxima de cada costat. Un cop s'ha acabat l'escombrat, es comparen les dues distàncies màximes (una de cada braç) per tal de saber on és més probable que estigui el forat.

Un cop s'ha decidit cap a quin costat és més probable que estigui el forat el robot comença a fer passos laterals cap el costat corresponent. A cada pas el robot es para i amb el sensor de llarg abast del pit mira si davant seu hi ha obstacles o té el camí lliure fins al final. A més a més, a cada pas el robot també comprova amb els sensors dels braços que no hagi arribat al final. En cas d'arribar al final i no haver trobat el forat, el robot començava a fer passos laterals en sentit contrari.

Un cop trobat el forat el *Bioloïd* comprova si està ben centrat o té obstacles massa a prop. Per tal de fer aquesta comprovació, el que es mira és que la distància que detecten els dos braços (amb els sensors de les mans) sigui la mateixa. En cas de no estar correctament centrat el robot començar a fer passos a dreta o esquerra en funció de quina banda els sensors han detectat que la distància és més gran fins que es troba centrat del tot.

Un cop centrat, el *Bioloïd* comença a caminar cap endavant. Per tal d'assegurar que el robot no s'està torçant i per tant canviant la seva direcció, s'ha posat una brúixola al cap de manera que quan el robot es torça aquest es gira automàticament per tornar a caminar recte. A més a més, cada tres passos el robot torna a centrar-se donat que, tot i que amb la brúixola s'aconsegueix que camini recte, aquest es pot haver desplaçat cap a un costat quan s'han fet les correccions de l'orientació.

Quan el robot arriba al final, fa un gir de 180° i torna a fer el mateix que abans (ja no busca el forat sinó que va directament a centrar-se). Per tal de veure quan el robot ha de donar mitja volta, aquest disposa d'un sensor d'abast mitjà al pit que indica que es troba al final del primer recorregut perquè s'ha trobat un obstacle.

3.3. Diagrama de flux

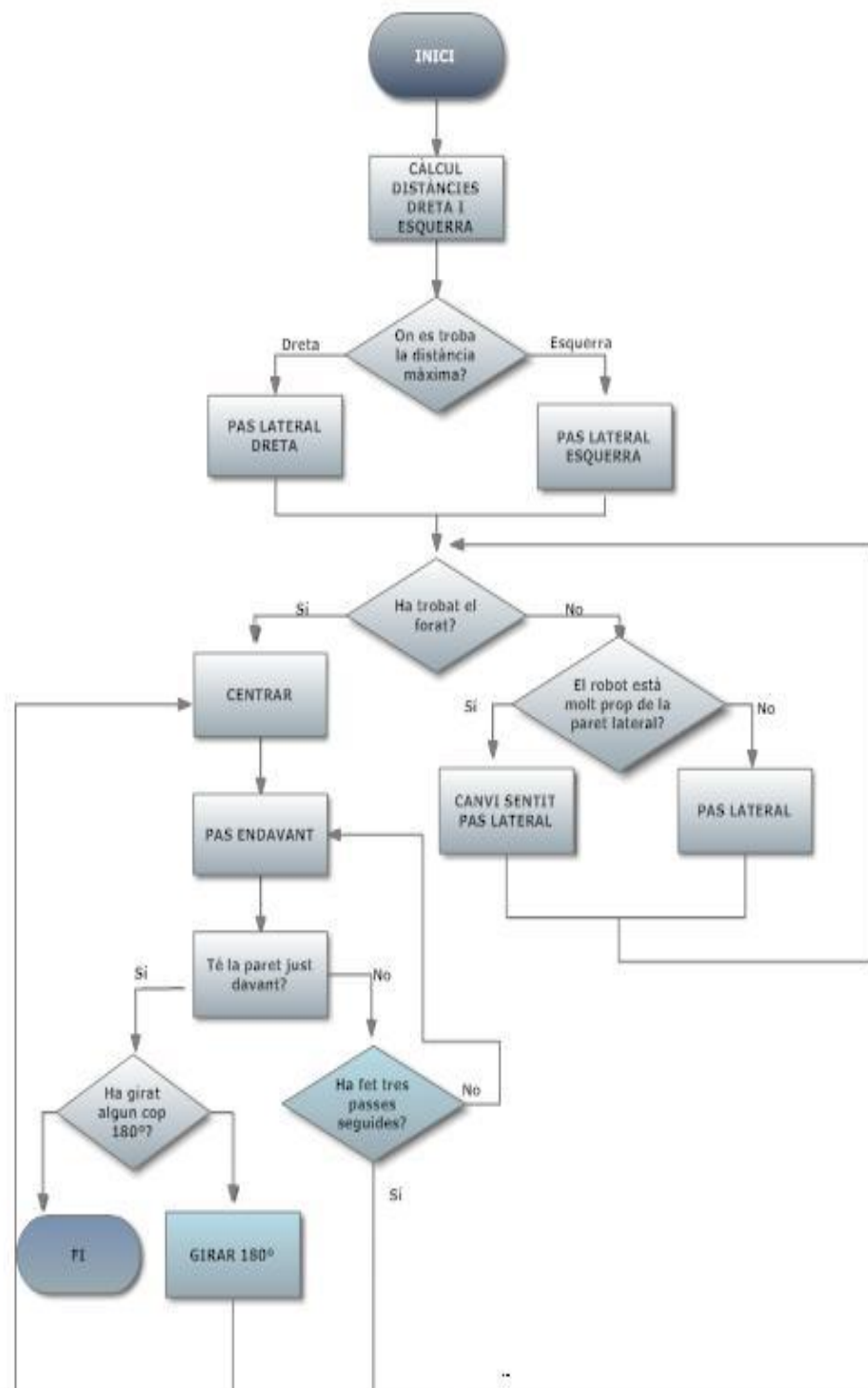


Diagrama de flux 2. Prova obstacles

3.4. Problemes i solucions

En aquesta prova, el problema principal va ser aconseguir que el robot es situés exactament al lloc que es calculava que aquest havia de passar.

Per tal d'aconseguir-ho es va crear la funció *centrar*, que es duia a terme quan s'havia calculat el millor lloc per a passar, és a dir, el més espaiós i el que probablement duia fins al final del camp sense haver de realitzar cap canvi de direcció.

Aquesta funció el que feia era col·locar el robot exactament entre el forat per tal d'assegurar que no xoqués amb els obstacles quan es disposés a caminar. Es realitzava mitjançant la comprovació de les lectures dels sensors de llarg abast de les mans, que si eren les mateixes es tenia que s'estava ben centrat. Si pel contrari els braços no donaven la mateixa lectura, el robot es desplaçava lateralment cap on estava el forat, és a dir, cap al costat on la lectura de la mà era major.

En la primera versió de l'algoritme s'intentava centrar el robot calculant la distància frontal des de la sortida fins al final tot comprovant que aquesta fos d'aproximadament 1,5 metres. Així doncs el robot només es podia centrar abans que comencés a caminar i això era un problema perquè experimentalment s'observa que el robot es desviava quan caminava.

Així doncs es va solucionar comprovant que la distància que mesurava cada braç fos la mateixa enlloc d'imposar que ambdós fossin d'1,5 metres. D'aquesta manera es podia utilitzar la mateixa funció de *centrar* per tota la prova.

Malgrat tot el problema amb el que el robot es va trobar durant la realització de la prova va sorgir mentre intentava centrar-se un cop localitzat el forat.

Les caixes estaven situades de tal manera que hi havia dos forats situats als extrems (es pot veure la configuració de les caixes a la *Fig 7*). Aquests forats eren d'amplitud suficient per a que el *Bioid* pogués passar però amb l'amplitud exagerada de braços que es tenia per dur a terme la funció de centrar-se aquest constantment es trobava descentrat. Quan feia les correccions perquè es trobava amb paret en un dels braços i en l'altre no, feia un pas lateral cap el costat contrari a la paret i en comprovar si s'havia centrat es trobava novament amb que no però amb obstacle en el braç contrari. D'aquesta manera, el robot va entrar en un bucle del qual no va ser capaç de sortir.

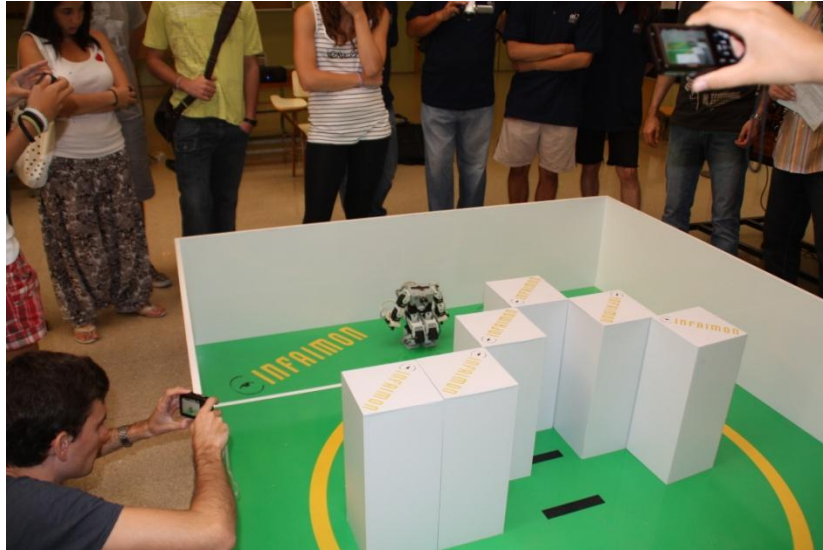


Fig. 7 Escenari de la prova dels obstacles en el CEABOT 2010

Aquest bucle estava causat per dos problemes. Per una banda, els braços estaven massa oberts i per tant el forat havia de ser massa gran perquè el robot no detectes que hi havia obstacle a algun dels dos braços. D'altra banda, la distància fixada per considerar que tenia la paret final al davant era massa gran i per tant volia canviar el sentit massa d'hora.

Una possible solució hauria estat reduir per una banda la distància amb la paret final i d'altra no obrir tant els braços a l'hora de centrar-se.

Donat que el robot s'anava centrant cada tres passes probablement no era necessari que no avancés fins que no estigués centrat del tot, sinó que en fer un cop aquest procés de centrar-se, deixar-lo avançar i tornar-lo a fer al cap de tres passes ja hagués estat suficient.

Cal destacar també que el robot es va dirigir cap el costat on el forat era més petit perquè amb aquesta distribució l'escombrat no podia aclarir amb gran certesa quin dels dos forats era més gran. Per tant, una altra solució, si s'assumeix que probablement l'elecció de la banda cap on començar a caminar pot ser errònia, seria incorporar un comptador que comptabilitzés els cops que el robot es centra davant d'un forat i si ja ha rectificat, per exemple, més de quatre vegades vagi a buscar un altre forat.

Així doncs, caldria escollir si s'assumeix aquest possible error d'escombrat i es prepara un algoritme alternatiu que busqui un segon forat o si es millora l'escombrat i es deixa que el robot avanci fent només un moviment de centratge cada x passes.

3.5. Millores

Una de les coses a millorar de l'algoritme corresponent a aquesta prova és que aquest no contempla la possibilitat de que no hi hagi un forat suficientment ample com per que el robot pugui passar. Una possible solució seria tenir una funció alternativa de manera que si el robot va cap a un costat i després cap a l'altre i no troba el forat, comenci a caminar esquivant els obstacles que es vagi trobant.

Una altre problema que s'hauria de millorar i que ja s'ha comentat per sobre a l'apartat anterior és que quan el robot troba un forat amb el pit aquest no té perquè ser un forat suficientment ample per al robot. A més a més, podria passar que si és un forat molt petit i els obstacles a banda i banda estan a la mateixa altura, quan el *Bioid* intenti centrar-se es pensi que està centrat i comenci a caminar endavant.

Això passaria perquè quan es comprova la distància amb els braços aquesta és la mateixa per els dos i per tant es pot pensar que té forat als dos costats mentre que el que tindria en ambdós costats són obstacles.

Existeixen diferents maneres de solucionar això. Una forma podria ser fent dues funcions diferents. Una per centrar-se el primer cop on el que mirés no fos que les distàncies fossin iguals sinó que fossin de 1,5 metres aproximadament i una altra funció per centrar-se que s'utilitzés quan el robot ja ha començat a caminar endavant. Aquesta segona simplement miraria que les distàncies calculades amb els braços fossin iguals.

Finalment, cal remarcar la importància de que el robot no pugui entrar en cap bucle ja que en aquesta prova per tal de puntuar el robot ha d'arribar com a mínim a l'arribada parcial.

Per una banda, el robot ha de comptabilitzar les vegades que ha canviat el sentit quan busca el forat a causa de la paret. D'aquesta manera, si el robot ja ha recorregut tot el camp sense trobar un forat és necessari que el robot tingui una alternativa i no continuï buscant. D'altra banda, cal contemplar que el forat trobat amb el pit no sigui prou ample i que el robot es passi tot el temps de la prova intentant centrar-se. Cal que quan ja ho hagi provat uns quants cops sense èxit, el robot torni a buscar un altre forat.

4. PROVA DE LLUITA: SUMO

4.1. Descripció de la prova

En aquesta prova es tenen dos robots de dos equips diferents en una àrea de combat que no és més que un Ring d'1,5 metres de diàmetre.

L'objectiu d'aquesta és aconseguir durant el combat el màxim nombre de punts *Yuhkoh*. Aquests punts es donen en els següents casos:

- El robot contrari surt del Ring (1 punt)
- El robot contrari toca amb una mà al terra (1 punt)
- El robot contrari cau al terra per si mateix (1 punt)
- Fer caure el robot contrari dintre o fora del Ring (2 punts)

D'altra banda s'ha de tenir en compte que es penalitza l'actitud passiva dels robots de manera que un robot que no ha efectuat cap atac no hauria de poder guanyar la prova.

Cada combat consta de dos assalts que duren tres minuts reals de combat, és a dir, cada cop que un robot caigui al terra el rellotge es pararà.

Ambdós robots es col·loquen cada cop que es reinici el combat darrera de la línia *Shikiri* i s'han de mantenir en espera durant 5 segons abans de realitzar cap moviment.

Es van realitzant diferents rondes eliminatòries fins arribar a la final.

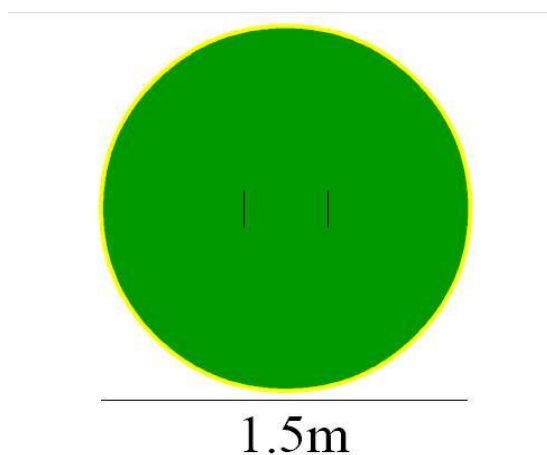


Fig. 8 Ring

4.2. Desenvolupament de la prova

4.2.1. Sensorització del robot

Inicialment el robot va ser sensoritzat amb tres sensors infrarojos. Dos d'ells estaven situats als laterals del cap i un al centre, a l'alçada del pit. Tots ells eren d'abast mitjà però van sorgir una sèrie de problemes que van fer que ben aviat es canviés aquesta distribució.

El primer que es va notar és que els sensors del cap només eren útils si es lluitava amb robots de la mateixa alçada que el *Bioid*, cosa que no era gaire habitual donat que en el concurs la majoria de participants tenien humanoides més baixos. Així doncs, aquests dos sensors, que a més tenien poca fiabilitat, van ser substituïts per dos altres també d'abast mitjà situats als braços.

D'altra banda, tot realitzant proves amb el robot, aviat es notà que amb només tres sensors es tenia un angle mort on el robot no era capaç de localitzar al contrincant. Aquest problema es va solucionar amb la col·locació de dos sensors més, també del mateix abast, situats amb un angle d'obertura de 30°. Per a poder dur a terme aquest avenç va ser necessari el disseny d'unes peces que permetessin posar els nous sensors amb l'orientació esmentada.

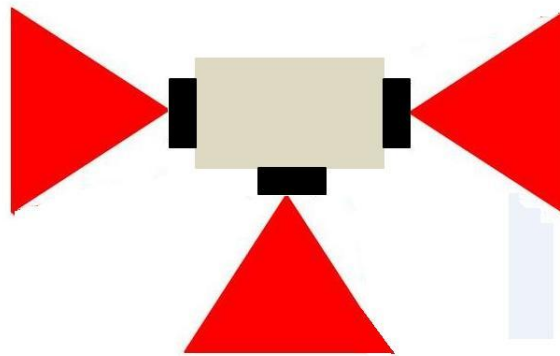


Fig 9. Distribució dels tres sensors

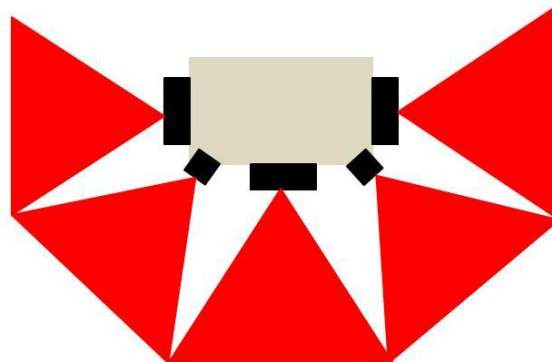


Fig 10. Distribució dels cinc sensors

Així doncs finalment es va optar per una distribució de 5 sensors infrarojos d'abast mitjà tal com s'ha descrit.

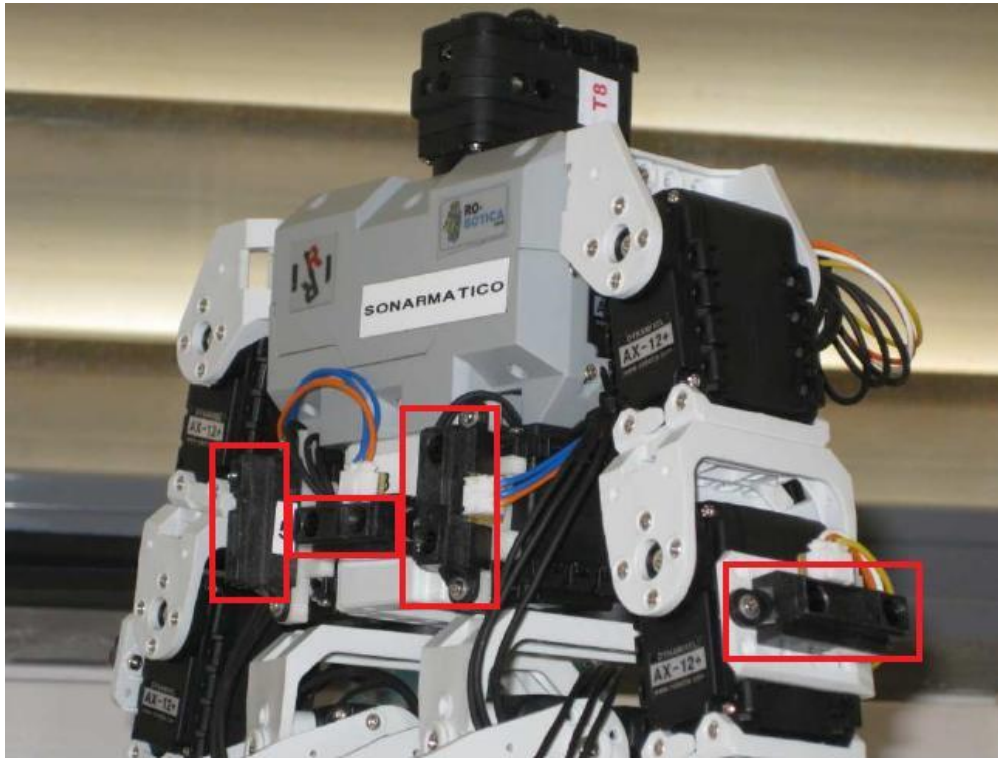


Fig 11. Distribució dels sensors en el Bioloid

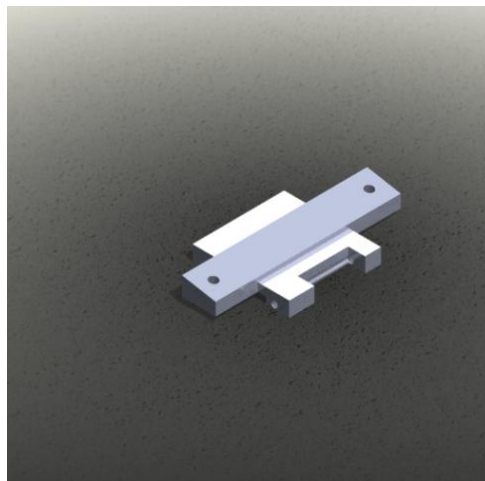


Fig 12. Peça utilitzada per obtenir un angle de 30°

4.2.2. Algoritme

Per poder entendre aquest algoritme és necessari abans explicar com es va plantejar la prova.

El robot busca constantment el contrincant amb els 5 sensors d'infrarojos i, depenent de la distància a la qual aquest es trobi i en quina orientació, l'ataca amb algun dels moviments que s'han dissenyat exprés per a aquesta prova.

Així doncs es tenen 3 zones d'atac:

- Zona *panic*: 20 cm de radi
- Zona *danger*: 20-40 cm de radi
- Zona *safe*: 40-55 cm de radi

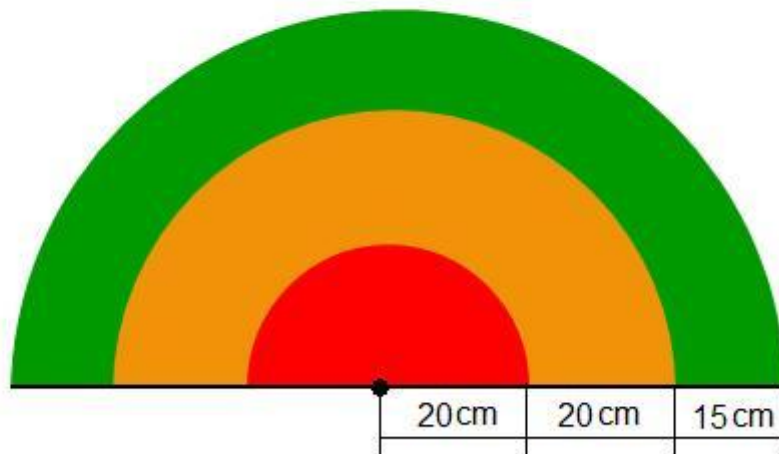


Fig 13. Zones de l'algoritme de sumo

Aquest algoritme esdevé molt senzill donat que sempre es segueix el mateix protocol.

En primer lloc des de la posició inicial de combat, el robot busca el contrincant amb els cinc sensors infrarojos en el següent ordre: centre, oblic dret, oblic esquerre, lateral dret i lateral esquerre.

Òbviament només detectarà el robot amb un d'ells que, a més de la direcció on es troba l'adversari, informa de la distància.

Un cop coneguda la distància (zona *panic*, zona *danger* o zona *safe*) s'actua tal com indica el diagrama de fluxos.

S'observa que el robot només ataca quan l'adversari es troba en zona *panic* amb un cop o una combinació d'ells. Després de cada atac sempre torna a realitzar una búsqueda del robot.

Si es troba en zona *danger* o zona *safe*, el robot no ataca sinó que es desplaça ajupit o dret fins la direcció on està el robot i torna a iniciar la recerca.

Si l'altre robot no és detectat el que es fa és que pentini una zona de 180º fent-lo girar inicialment 90º cap a la dreta i després 180º cap a l'esquerra tot buscant-lo amb el sensor que duu al pit de manera que si aquest es creua en el seu camí s'inicia un altre l'algoritme que s'ha esmentat abans.

Cal doncs explicar com són aquests atacs que es citen en el diagrama de fluxos.

Tots els moviments que fa el robot són molt ofensius i actuen en la direcció que el seu nom indica fent un escombrat.

L'atac frontal escombra des de dalt cap avall i els laterals a l'inrevés fins a una altura d'aproximadament 90°.

Cal destacar que en la zona *safe*, quan es detectava l'oponent amb els sensors oblics el robot no s'aixeca sinó que es gira. Això es deu al fet que, en emprar sensors infrarojos d'abast mitjà, aquests es saturen si l'obstacle es troba massa prop donant una lectura errònia. Només passava amb aquests dos perquè amb el central, amb la posició del robot ajupit (posició de búsqueda), l'adversari topava amb els genolls del robot i mai arribava a saturar els sensors.

Això es va solucionar fent-lo girar de manera que la següent lectura es fes amb el lector central i donés correctament la distància del contrincant.

4.3. Diagrames de fluxos

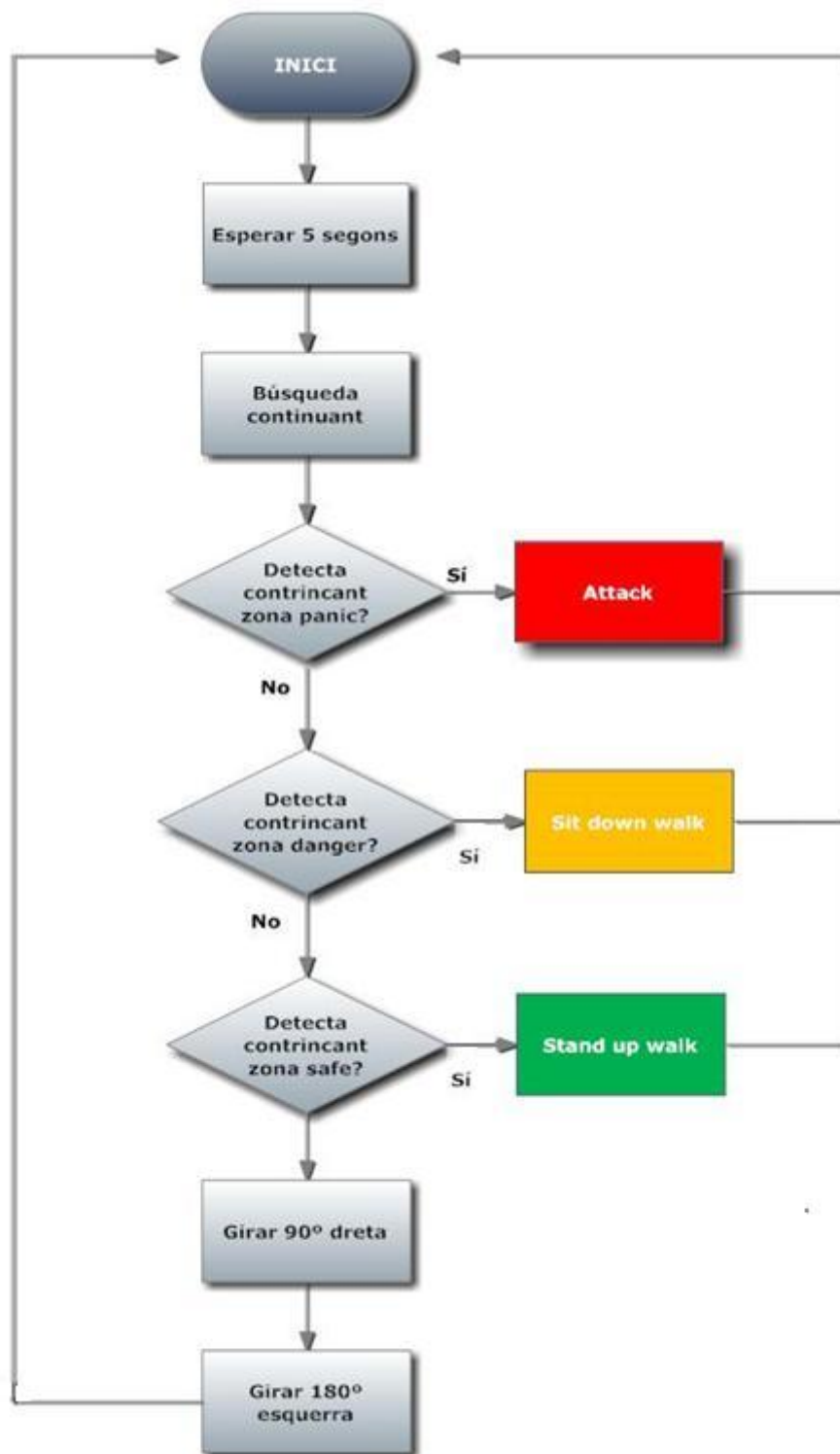


Diagrama de flux 3. Prova sumo

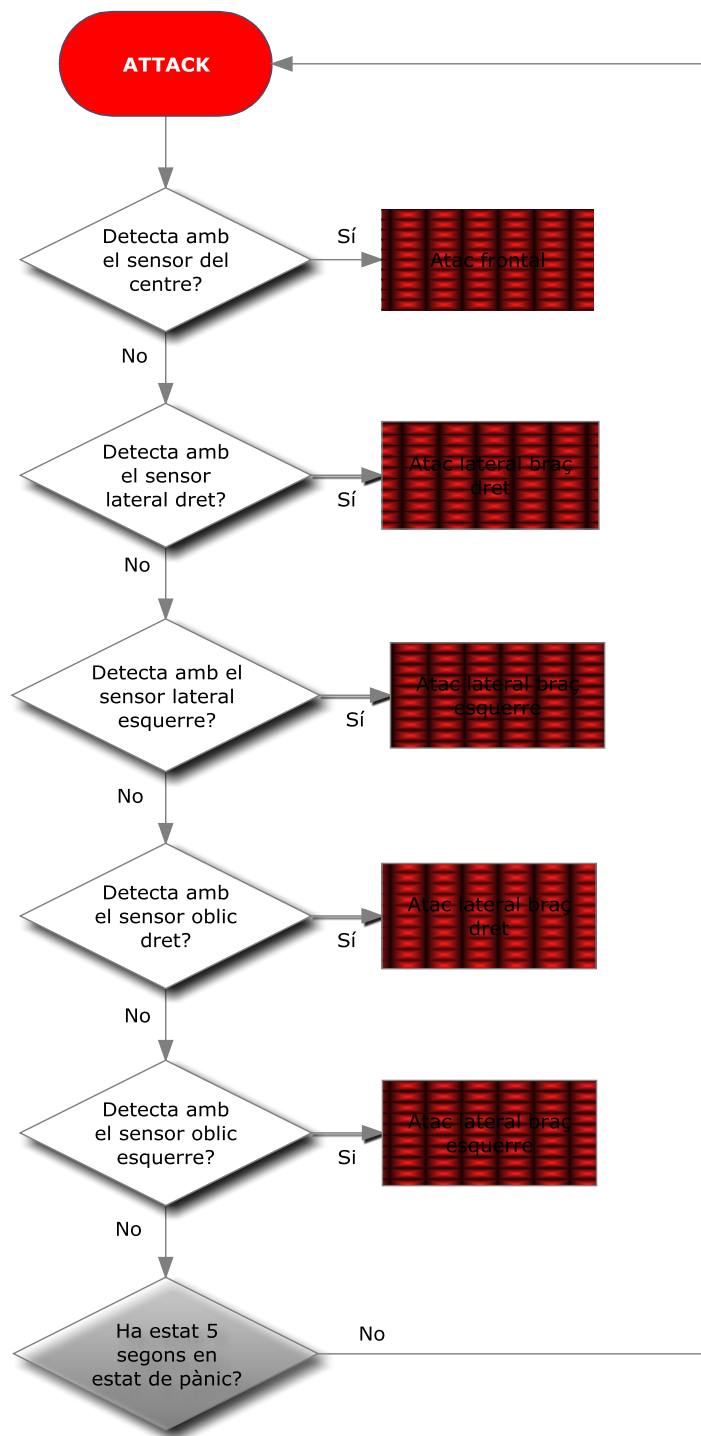


Diagrama de flux 4. Zona Attack (panic)

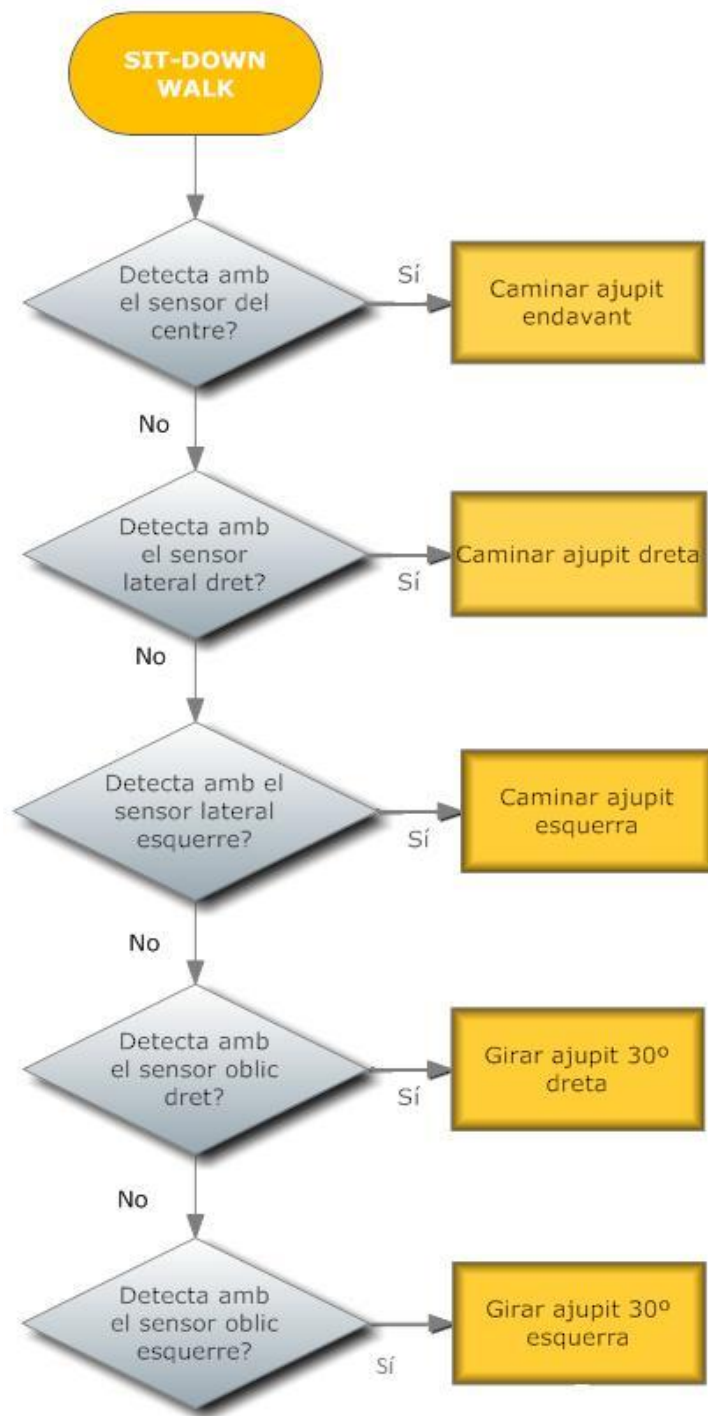


Diagrama de flux 5. Zona Sit-down-walk(danger)

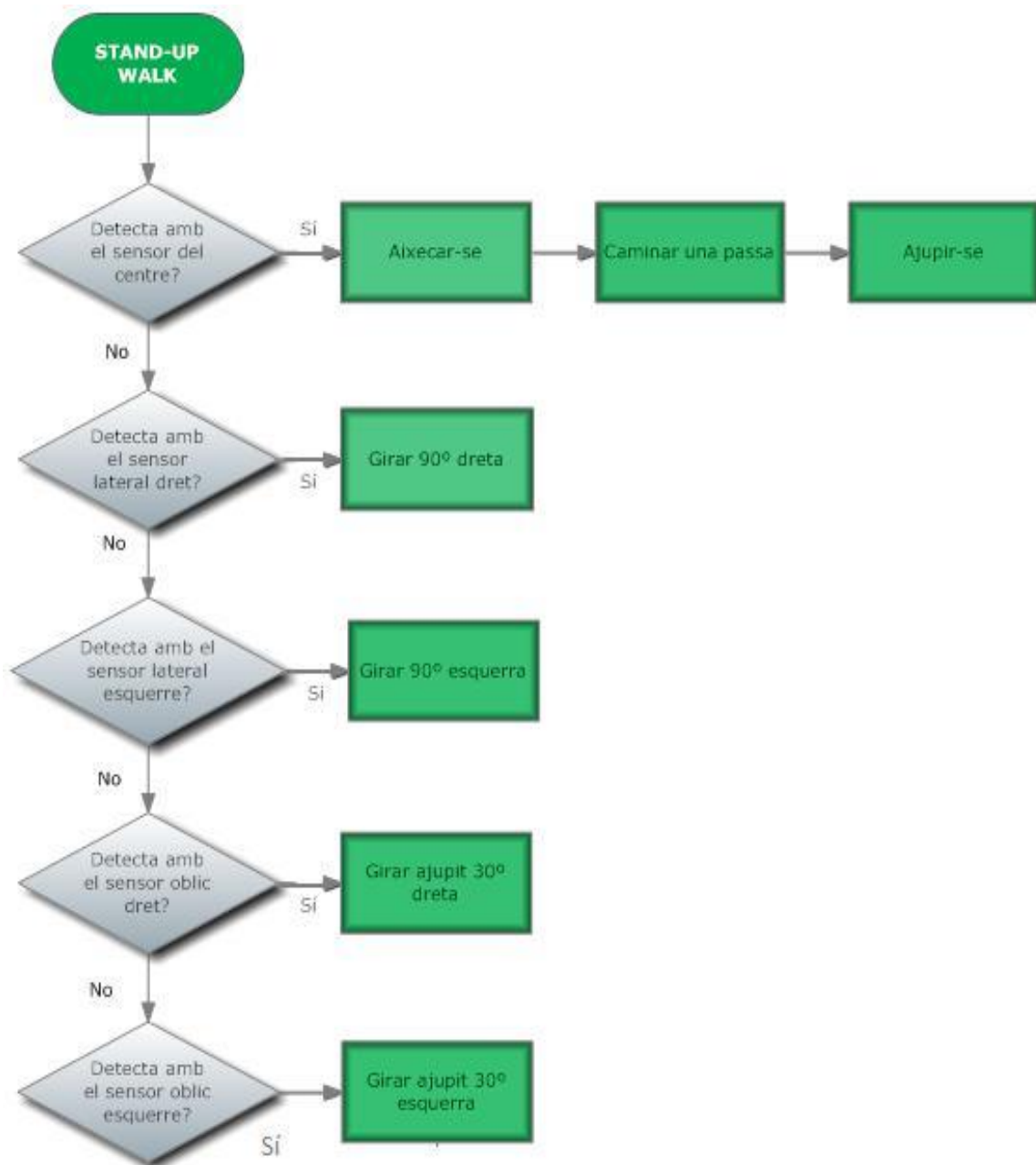


Diagrama de flux 6. Zona Stand-up-walk (safe)

4.4. Problemes i solucions

Durant el campionat es va notar que hi havia diferents coses a millorar per a que el robot fos encara més efectiu.

En primer lloc l'atac frontal que s'havia dissenyat tenia una alçada massa gran per als tipus de robots amb que es va haver de lluitar.

Ara es sap que per tal de fer aquest atac més efectiu caldria modificar-ne l'alçada a la que es duu a terme o simplement efectuar l'escombrada des de baix cap a dalt per que mai topés l'adversari en la recollida del braç.

Així doncs s'evitarien les caigudes que es van tenir durant el combat i no es donarien punts *Yuhkoh* a l'adversari.

L'altre defecte era que l'atac lateral no resultava efectiu si en el primer cop no es tombava el robot ja que entrava en un bucle que no acabava fins que l'altre robot es mogué o simplement s'aturés el combat.

Posteriorment es va veure que el que succeïa és que no estava ben definit el rang d'atac dels moviments laterals ja que aquest es duia a terme quan es tenia un adversari a partir d'una distància de 25 cm mentre que el braç de *Bioid* només en mesura 20.

Per millorar aquest aspecte caldria determinar millor els intervals dels infrarojos fent que el robot no ataqués fins que l'adversari no es trobés més pròxim.

També s'ha pensat en la possibilitat de fer-lo desplaçar després de realitzar el cop lateral, però probablement el que s'aconseguiria és saturar novament el sensor infraroig d'abast mitjà si amb això el robot s'aproxima massa a l'altre.

4.5. Millores

En aquesta prova s'ha pensat en la possibilitat d'incorporar sensors a l'esquena i dissenyar un nou atac per a aquests casos.

Ja que es tenen les peces que permeten l'orientació dels sensors al davant, també es posarien al darrere. El que es faria seria girar el robot fins a tenir l'adversari de cara o fer-lo sortir de la zona d'atac de l'adversari fent-lo caminar cap endavant.

També es pot incorporar un atac quan realment està segur que el seu adversari es troba exactament al seu davant.

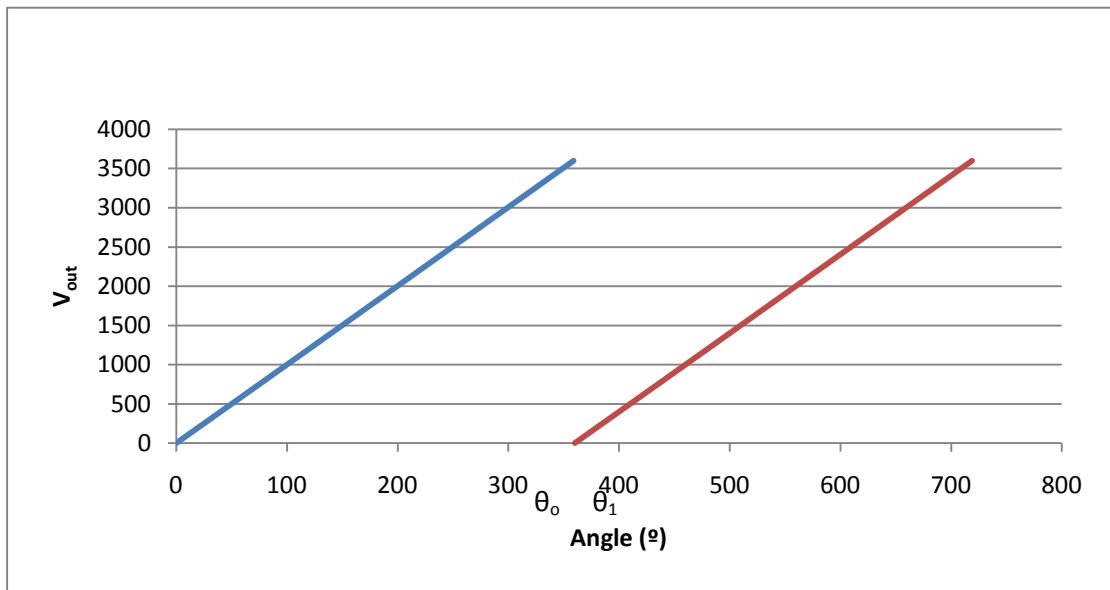
Aquest atac, seria l'atac suïcida que consisteix en que el robot s'alci amb els braços oberts de manera que es llença sobre l'oponent tot abraçant-lo. Com que el *Bioid* es més gran que la resta de robots, quan té els braços completament oberts és pràcticament segur que faci caure l'altre robot.

5. PROBLEMES GENERALS

5.1. La Brúixola

Un dels principals problemes que es van tenir, va ser la brúixola. Per una banda entendre el seu funcionament i per l'altra aconseguir implementar-la als algorismes.

El primer problema que va aparèixer és que la brúixola mesura de 0 a 3599 i el salt en els extrems és crític ja que el seu comportament no és lineal. Concretament, el comportament de la brúixola correspon al següent:



Gràfic 1. Comportament de la brúixola segons l'orientació

La primera idea era fer una mitja de la posició inicial i anar comparant aquesta amb les següents mesures tot considerant un marge a dreta i esquerra. Això tenia dos problemes:

Quan s'està molt a prop del zero, a l'hora de fer una mitja donaria un valor al voltant del 1800 ja que hi hauria valors prop del 0 i valors prop del 3600. Per tal de solucionar el problema es va decidir fer una mitja a partir de tots els increments respecte la primera mesura de totes. Alhora d'implementar això ens vam trobar amb dos problemes més:

El programa utilitzat per programar el *Bioloïd* no accepta negatius i per tant no es pot fer la diferència directament ja que aquesta podria ser negativa. Això es va solucionar deixant el valor inicial tal qual i sumant-li sempre a la resta de mesures 3600. D'aquesta manera quan es resta el valor actual amb l'inicial mai donarà negatiu. A més si la diferència és més gran de 3600 se sap que és un increment positiu mentre que si és més petit de 3600 es tracta d'un increment negatiu.

D'altra banda no es poden calcular els increments fent la resta directament ja que si els valors estan a bandes diferents de la discontinuïtat (com per exemple θ_0 i θ_1) el signe i la magnitud de la diferència són erronis. Això es va solucionar comparant el resultat de la diferència a 1800 (-

1800+3600) i 5400 (1800+3600). En els dos casos s'ha sumat 3600 ja que com ja s'ha comentat no es pot treballar amb nombres negatius. D'aquesta manera si el resultat és més gran de 5400 es resta una volta sencera (3600) i si és més petit de 1800 se li suma una volta sencera quedant l'increment correcte. Concretament el codi utilitzat per calcular els increments és el següent:

Valor_actual = Valor_mesurat + 3600;

Increment = Valor_actual – Valor_inicial;

Si Increment < 1800 fer

Increment = Increment + 3600;

Si Increment > 5400 fer

Increment = Increment – 3600;

Fsi

Un cop sumats tots els increments i dividits pel nombre d'increment sumats, cal sumar-li el valor inicial per tal de calcular la mitja correctament. D'aquesta manera es té el següent:

$$V_i + \sum_{j=1}^n \frac{(V_j + 3600) - V_i}{n - 1} = \sum_{j=1}^n \frac{V_j}{n - 1} + 3600$$

Cal tenir en compte que aquesta mitja pot donar més de 3600 ja que se li a sumat 3600 a tot. Per tant, cal comparar la mitja amb 3600 i en cas de ser més gran restar-li una volta sencera. Resumint, la mitja s'ha calculat de la següent manera:

Increment_acumulat = 0;

Mesurar valor_inicial;

n = 0;

mentre n<15 fer

Mesurar valor_actual;

Calcular increment;

Increment_acumulat = increment_acumulat + Increment

n = n +1;

fi mentre

increment_mitja = Increment_acumulat/15

mitja = increment_mitja + Valor_inicial

Si mitja > 3600 fer

mitja = mitja – 3600;

fsi

Finalment, cal tenir en compte que la mitja no es pot fer agafant tots els valors que es vulgui ja que el programa del *Bioloïd* treballa amb enters de 16 bits (0 – 65536) i si la suma dels increments supera el valor màxim representable es produeix un error. Concretament, només es poden llegir unes 18 mostres sense problemes.

Un cop feta la mitja, no es pot fer una comparació directa i mirar si el valor augmenta o disminueix ja que com ja s'ha comentat anteriorment si els valors estan a bandes diferents de la discontinuïtat el signe i la magnitud de la diferència són erronis. La solució d'això ja s'ha explicat anteriorment.

5.2. Alimentació dels infrarojos

Un cop solucionat tots els problemes relacionats amb la programació de la brúixola es notà que aquesta no funcionava correctament. El primer que es va pensar es que no estava ben calibrada ja que fent proves de funcionament, s'havia calibrat de manera incorrecta. No obstant, després de calibrar la brúixola correctament aquesta funcionava de forma intermitent i els valors que donava no eren fiables ja que es tenien diferents valors de sortida per a una mateixa orientació.

Després es va pensar que es descalibrava sola però es va comprovar que les senyals que rebia la brúixola eren correctes i que això no era possible. A continuació, es va pensar que potser era un problema de cablejat i es van tornar a soldar tots els cables que podien estar una mica fluïxos. Però tot i així tampoc funcionava correctament. A més a més, en ser un problema intermitent, va resultar molt difícil trobar-ne la causa per solucionar-ho.

Finalment, es va descobrir que el problema no era amb la brúixola sinó amb els sensors infrarojos donat que en connectar-ne molts, els problemes amb la brúixola es van accentuar i els propis sensors també deixaven de funcionar correctament.

Cal tenir en compte que perquè la placa funcioni correctament aquesta s'ha d'alimentar a 5 Volts constants de manera que, en cas que hi hagi fluctuacions en l'alimentació, el Micro es reinicia, es perd la comunicació amb la computadora del *Bioloïd* i els sensors deixen de funcionar correctament.

La potència necessària per al correcte funcionament dels sensors infrarojos és bastant elevada. Així doncs, com tots els sensors que estan connectats funcionen al mateix moment quan es connecta l'alimentació, la demanda de corrent instantània és molt gran i el regulador no la pot donar. Això provoca que, de forma temporal, hi hagi una caiguda del voltatge d'alimentació

provocant que es reiniciï el Micro i que la resta de l'electrònica (incloent els sensors infrarojos i la brúixola) no funcioni com s'espera.

Aquest problema es va confirmar connectant un oscil·loscopi entre la massa i la sortida del regulador de tensió i fent funcionar el robot amb tots els sensors connectats. Mirant el que sortia per l'oscil·loscopi es va veure com en un principi el potencial es mantenia a 5 volts però de forma periòdica hi havia caigudes de tensió.

Per tal de solucionar aquest problema es van soldar condensadors a l'alimentació dels sensors. La utilitat dels condensadors és que mentre el regulador dóna el corrent necessari aquests es van carregant i quant el regulador deixa de donar el corrent que es necessita els condensadors passen a funcionar com una font de càrrega evitant així que el voltatge fluctuï sempre que la capacitat del condensador sigui suficient.

6. CONCLUSIONS

Un cop acabat el projecte, on s'ha preparat un humanoide per tal que superi les proves del concurs abans explicades, arriba l'hora de ser crítics amb el treball realitzat.

Després de veure la posició en el concurs on s'ha participat resulta evident que s'han produït errors que s'hauran de solucionar.

En primer lloc cal destacar com a aspecte que no ha contribuït gens en el bon desenvolupament de les proves ha estat la precipitació i la manca de temps per a poder completar i deixar enllestides les proves amb un marge de temps raonable abans del concurs.

També es creu que ha estat un inconvenient la inexperiència en aquest tipus de projectes i la manca de coneixements suficients tant en el camp de la robòtica com en la resta de ciències que intervenen al llarg de tot aquest procés.

Malgrat les adversitats que s'han anat trobant durant el camí i que s'han anat superant de la millor manera possible, aquesta experiència ha estat del tot enriquidora i és valorada pels integrants del grup positivament de manera que es creu convenient seguir ampliant-lo amb la participació en el proper concurs l'any vinent.

Així doncs, ara el que cal és continuar treballant per tal que els errors sorgits siguin corregits amb l'experiència i coneixements obtinguts.

7. CEABOT 2011

Un cop finalitzades les conclusions arriba el moment de prendre decisions sobre què es farà l'any vinent.

El nou projecte s'està iniciant amb molta il·lusió i es vol arribar al proper concurs amb un robot molt més eficient i amb molts més coneixements.

En primer lloc es vol deixar enrere la programació en caixetes per donar pas a l'escriptura dels codis amb llenguatge C. Per tal de dur a terme aquest pas primer s'ha de cercar certa informació i incorporar les llibreries necessàries.

La complexitat de poder escriure en llenguatge C apareix a l'hora de programar els moviments del robot perquè sense les llibreries adequades s'haurien de moure els servos del robot un a un. Així doncs, el que es pretén és poder accedir a les pàgines dels moviments prèviament guardats com fins ara s'havia fet amb l'altre llenguatge.

Un cop es tingui aquesta forma d'accedir als moviments la resta no suposarà cap problema.

El motiu d'aquest canvi de llenguatge és la comoditat que presentarà el fet de poder programar sense les limitacions que l'antic tenia.

Paral·lelament, s'està treballant amb uns sensors de pressió que s'incorporarien als peus del robot i que s'utilitzarien per la prova de les escales.

El motiu de voler treballar amb ells rau en el que va passar en l'anterior concurs, on un terra excessivament reflectant que impedia la correcta lectura dels sensors infrarojos va impedir que la prova es dugués amb normalitat.

Així doncs, amb aquests sensors s'evitarien aquests tipus d'errors.

Es té consciència que si el que es vol és màxima eficàcia aquesta no és la millor solució perquè la prova esdevindria massa lenta però de totes formes es continuarà treballant amb ells per tal de familiaritzar-se amb el protocol I²C que ja es va utilitzar amb la brúixola.

Com que el problema principal d'aquesta prova és la col·locació exacta del robot en el moment de pujar i baixar les escales, probablement la solució definitiva serà col·locar uns sensors de rang molt curt també als peus que facin la mateixa funció que els sensors de pressió.

D'altra banda també es té interès en aprendre visió per computador. No es sap encara si tindrà una aplicació pràctica a alguna de les proves del CEABOT perquè tot just s'està iniciant aquest projecte. Es voldria, si es pot, que fos així i poder participar si més no en la prova de demostració on aquest any no es va preparar res.

Cal destacar la voluntat posada en el fet d'esdevenir una mica més autosuficients, és a dir, que els integrants del projecte puguin solucionar els problemes del dia a dia en la mesura del que es pugui.

Per tal que així sigui, com que es creu necessari el fet d'ampliar la placa que el robot duu, s'ha plantejat la possibilitat de que siguin els propis integrants qui la realitzin.

Així doncs, tal com s'ha esmentat al principi, s'inicia aquest període ple d'objectius, feina i il·lusió amb l'objectiu de poder arribar al CEABOT 2011 que es celebrarà el proper setembre a Sevilla amb un robot molt més eficient que el de la passada edició i havent adquirit durant aquest temps nous coneixements mentre es gaudeix de l'aprenentatge.